

# 脈波についての研究 (I)

## 成長に伴う末梢脈波の変化

山本勝朗・平野久美子・河本みをり・利倉玉起

### Study on The Pulse Wave

#### Part 1

#### Developmental Transition of Peripheral Pulse of Healthy Infants

BY KATSURO YAMAMOTO, HIRANO KUMIKO, MIORI KOMOTO AND TAMAKI TOSHIKURA

### はじめに

児童の健康管理は、種々の方面から、またいろいろな方法によりなされているが、その基礎となるのは児童の正態生理を理解することにある。すなわち身長・体重・胸囲・頭囲等の計測的な面、また体温・脈搏・呼吸・排泄というような生理現象の面、その他種々の機能の面において、児童の發育に応じた正態生理を知ることが根本である。

これら種々の項目のうち一般によく利用されるのは体重増加の状態、体温、脈搏の状態であって、特に脈搏の状態は心臓機能と密接な関係があり、また代謝状態と深い関係にあるので重視されている。そして児童が成長するにつれて、脈搏数が減少し血圧が上昇していくことは周知の事実であるが、脈波特に末梢脈波の成長に伴う変化の様相については、あまり省みられなかった。それは末梢脈波の記録法ならびにその波形分析についての研究が余り検討されなかったためであろう。

私達は末梢脈波の記録が案外簡単であり、また測定時の条件を整えれば、その記録に恒常性、再現性のあるのを認めることが出来たので、健康児童の指端末梢脈波を記録、分析して成長による末梢脈波変化の状態を追究した。

### 実験方法

- (1) 研究対象 研究に際し対象とした児童は、0才から14才に到る健康小児 164名で、身長、体重が大阪市児童平均値のそれ等と略々近い發育状態にあるものを選んだ。
- (2) 脈波測定法ならびに装置 末梢脈波測定部位としては右手指示指内側先端部とし、測定装置は電気容量脈波計ならびに光電管脈波計を用いた。

電気容量脈波計は佐伯氏の考案によるもの<sup>(1)</sup>を参考として竹内氏が改良したもので、その配線は

Fig. 1 の如くで、末梢動脈の流血量の変化を電圧の変化として心電計に導き、ペン書き描画記録させた。

光電管脈波計は三栄測器株式のもので、光源からの反射光量を光電管に感じさせ、これを心電計に導き描画記録させた。

電気容量脈波計は感度が非常に良く、脈波の細部に亘って記録されるが、それだけ波形に安定性を欠き、安定波形を得るのに測定時間が長びく傾向にあり、また測定時精神的ならびに肉体的安定が必要であるので、乳幼児の脈波測定

には不適のことが多い。これに対し光電管脈波計は感度も良好で波形も安定し、少々肉体的動揺によっても波形に乱れを生じない。併し電気容量脈波計による脈波ほど微細な変化は追求出来ない難点がある。併し同一人についてのこの両者による脈波を比較すると、細部においては多少の相違点があるが、臨床研究においては、ほとんど同一曲線と見ることが出来た。すなわち次に示す脈波分析因子については、両者間に差を認め得なかった。

(3) 脈波分析法 末梢脈波は普通3峰型を示し、各部に Fig. 2 の如く符号を与えた。すなわち全波長をL、上昇脚、下降脚の時間をそれぞれ、I、D、第1、第2、第3の波の高さをそれぞれa、b、cとし、また第3の波の始まる高さをdとした。

Iは心臓の血液駆出時間に関係するものであり、Dは末梢血管抵抗に打ち勝って血流が流れて行く迄の時間である。

第1の波は心臓収縮力に直接関係するものであり、第2の波は動脈壁の性状に関するもので、大動脈弁閉鎖によるその時の動脈固有の最高復元力を示し、動脈固有の弾力性は、血管の弾力線維及び膠原線維に基づく弾力性と血管筋肉の緊張の度合いに関係している。血管壁の弾性が増すにつれて第2波は高くなる性質のものである。第3の波は測定部位から末梢の血管抵抗に由来するもので、重複波と呼ばれるものであって、末梢抵抗が増大するにつれて、この波高は高くなるものと考えられる。

これら分析因子の計測値は少くとも5個以上の安定した脈波形についての測定値を平均してその値とした。

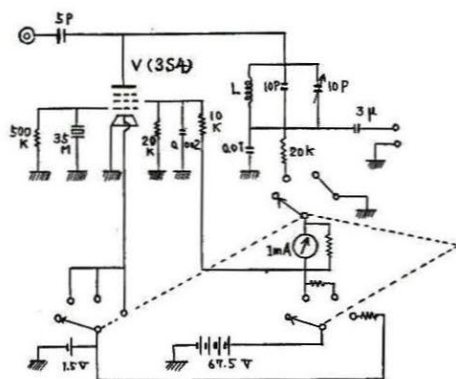


Fig. 1 Wiring of Plethysmography

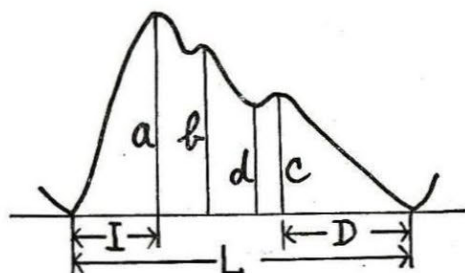


Fig. 2 Factors of Pulse Wave

## 実験結果

(1) 記録計増幅度と波形について 記録計の感度の差により当然脈波の形は変化するが、その変化

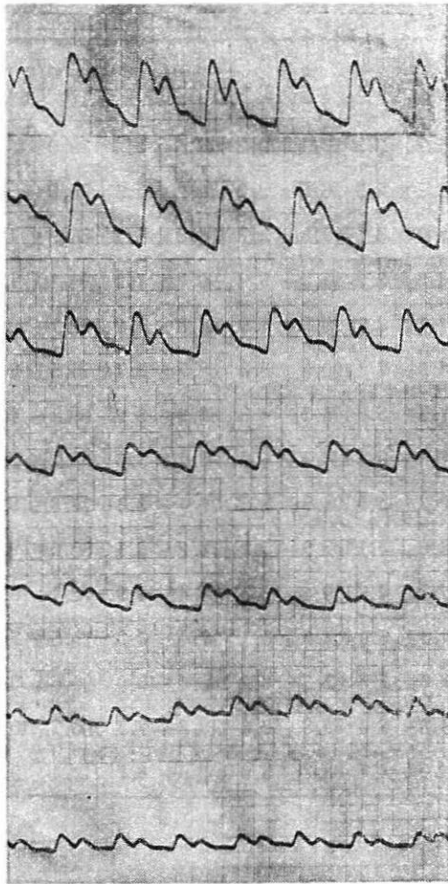


Fig. 3 Sphygmograms on Several Sensitivities

は波高によるものであって、波長  $L$  を始め、 $I$ 、 $D$  値は変化しない。種々の増幅度による記録脈波は Fig. 3 の如くであって、この記録脈波について  $L$ 、 $I$ 、 $D$ 、 $c/a$  値を検討して見ると Tab. 1 の如くなる。これからわかる如く、増幅度の差により波高は異なるが、波高を比で検討する時は、その時の増幅度に拘らず略々一定した値であることがわかった。

(2) 測定結果 測定結果を年齢別性別に見ると Tab. 2、ならびに Tab. 3 の如くである。

(イ) 波長  $L$  については Fig. 4 の如くである。すなわち年齢の増すにつれて  $L$  の値は増加しているが、これはすなわち脈搏数の減少ということとなる。

(ロ) 増加時間  $I$  について見ると Fig. 5 の如くである。この値を年齢的に見て行くと、そこにはほとんど変化を認めない。

(ハ) 減少時間  $D$  は Fig. 6 の如くで、これは年齢の増加と共に増加している。

(ニ) 血管弾性指数  $a/b$  について見ると、Fig. 7 の如くで、男子では10才迄、女子では11才迄上昇傾向であるが、その年齢以後急激に減少している。

(ホ) 末梢抵抗指数  $c/a$  について見ると Fig. 8, 9 の如くで4才～7才頃を底とする盆状変化を示し、12才頃から急に上昇している。女子では動揺の上昇であるが、男子では急激に増加している。

(ヘ) 重複指数  $d/a$  について見ると Fig. 10 の如くで、その年齢的变化は末梢抵抗指数値の変化と略々似ている。

Table I Sensitivity and Several Pulse Measurements

No.	Sensit. mm/mV <sub>1</sub>	L	I	D	$c/a \times 100$
1	20	21.5	2.8	11.9	73.93
2	15	23.3	2.5	13.7	79.59
3	9	21.7	2.8	12.1	72.90
4	7	21.9	2.7	12.1	75.58
5	5	19.6	2.8	10.2	72.06
6	4	19.7	2.7	10.5	75.44
7	2	21.7	2.7	10.6	75.00
Average		21.51	2.76	11.72	74.92
$\sigma$		1.13	0.23	1.05	2.18

Table I (male)

Age	Measure ment No.	L (sec)	I (sec)	D (sec)	I/L (%)	D/L (%)	a/b (%)	c/a (%)	d/a (%)
0	10	0.42±0.05	0.12±0.04	0.16±0.03	28.1±5.4	36.7±3.3	93.1±10.2	71.6±8.4	79.9±11.5
1	5	0.48±0.05	0.14±0.02	0.20±0.01	30.3±2.2	38.1±2.3	98.5±2.2	72.2±5.5	78.9±5.1
2	5	0.54±0.05	0.17±0.01	0.20±0.03	32.5±3.2	38.0±3.2	97.3±3.7	81.2±5.2	86.9±1.8
3	10	0.58±0.05	0.17±0.02	0.24±0.03	29.4±3.7	38.8±3.2	91.9±5.2	90.7±7.0	94.1±7.6
4	5	0.60±0.07	0.12±0.01	0.28±0.06	20.0±2.1	44.1±6.1	99.9±1.9	66.8±5.2	72.7±9.0
5	5	0.61±0.08	0.13±0.03	0.29±0.08	21.3±5.6	48.3±7.1	100.3±3.8	68.7±8.1	75.5±8.9
6	5	0.60±0.08	0.10±0.01	0.29±0.08	16.6±3.1	47.3±8.6	104.1±4.3	66.9±8.2	69.1±8.6
7	4	0.61±0.02	0.12±0.01	0.29±0.04	19.7±1.7	47.5±6.4	106.5±4.5	68.1±3.6	68.2±5.4
8	4	0.64±0.07	0.10±0.01	0.33±0.05	15.6±2.2	50.2±5.8	104.5±3.5	76.4±3.1	77.3±8.0
9	5	0.65±0.08	0.12±0.01	0.32±0.06	18.5±5.0	48.6±4.1	107.0±5.9	79.2±8.1	80.6±9.1
10	4	0.66±0.07	0.11±0.01	0.34±0.05	16.9±2.6	51.5±4.9	110.4±7.3	71.4±4.3	72.1±6.2
11	5	0.68±0.07	0.11±0.01	0.35±0.07	16.2±2.7	51.4±6.1	104.8±6.1	77.4±4.3	70.5±7.8
12	7	0.71±0.07	0.14±0.01	0.38±0.07	19.3±2.4	53.4±7.4	85.2±8.2	108.4±10.0	99.6±6.1
13	7	0.74±0.04	0.13±0.01	0.39±0.02	17.8±1.8	53.4±2.4	86.8±8.6	110.3±7.7	106.7±10.8
14	6	0.74±0.09	0.14±0.01	0.40±0.07	18.9±3.1	54.0±4.8	88.3±5.0	102.6±8.7	114.4±9.0

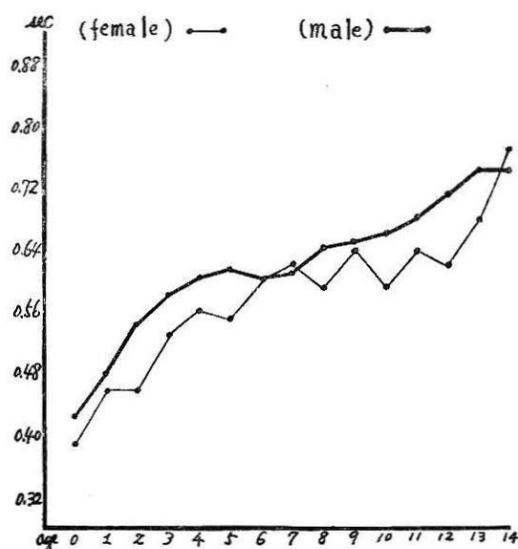


Fig. 4 The Time of Wave Length (L)

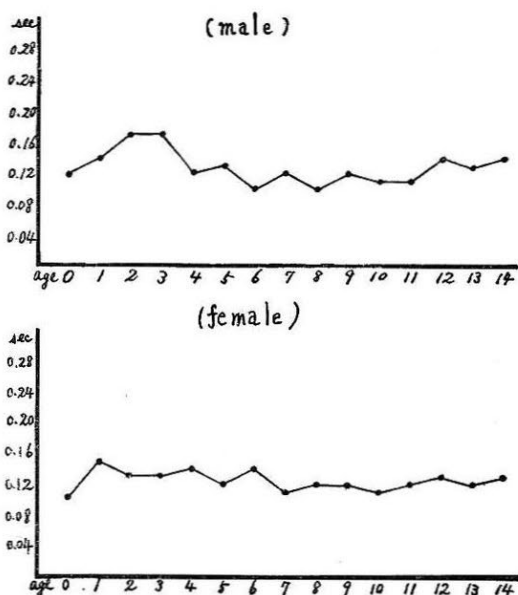


Fig. 5 The Time of Increment (I)

Table III (female)

Age	Measure ment No.	L (sec)	I (sec)	D (sec)	I / L (%)	D / L (%)	a/b (%)	c/a (%)	d/a (%)
0	5	0.39±0.03	0.11±0.02	0.13±0.01	29.4± 3.6	33.7± 2.7	91.1±11.9	76.1± 6.3	87.1± 7.4
1	5	0.46±0.05	0.15±0.02	0.16±0.03	30.4± 2.7	34.0± 2.0	91.1±10.6	88.0± 6.9	87.2±10.0
2	5	0.46±0.02	0.13±0.02	0.17±0.03	30.3± 7.2	36.3± 5.3	93.6± 3.7	85.8± 9.2	88.2± 5.6
3	5	0.53±0.04	0.13±0.02	0.20±0.01	23.9± 2.2	36.8± 2.0	88.6± 4.3	87.9±11.0	87.2± 2.5
4	5	0.56±0.05	0.14±0.04	0.23±0.05	25.5± 5.9	40.2± 6.0	99.7± 3.1	76.6± 7.0	85.5± 3.4
5	5	0.55±0.01	0.12±0.03	0.24±0.02	24.3± 5.4	41.9± 3.8	102.6± 3.2	70.9±11.2	81.1± 8.6
6	5	0.60±0.08	0.14±0.01	0.27±0.05	23.3± 3.9	44.9± 7.0	100.3± 5.0	67.9± 9.6	75.4± 3.5
7	5	0.62±0.1	0.11±0.01	0.31±0.08	18.5± 3.5	50.0± 6.1	100.7± 3.6	70.7± 7.0	73.9± 8.9
8	5	0.59±0.05	0.12±0.01	0.29±0.05	19.5± 2.5	49.1± 5.5	104.6± 6.1	76.1± 7.6	79.8± 8.5
9	5	0.64±0.07	0.12±0.01	0.32±0.05	17.5± 1.4	50.0± 4.1	98.1± 2.3	88.9± 5.3	91.2± 9.5
10	5	0.59±0.08	0.11±0.01	0.29±0.07	18.6± 1.7	49.1± 4.6	104.2± 4.6	71.3± 9.7	71.4±10.7
11	5	0.64±0.08	0.12±0.01	0.31±0.08	18.7± 2.0	48.4± 7.1	106.0± 3.2	72.9± 9.5	75.8± 7.0
12	7	0.62±0.06	0.13±0.02	0.31±0.06	20.9± 4.1	50.0± 5.8	95.1±10.6	95.8±10.5	94.2±10.3
13	8	0.68±0.1	0.12±0.02	0.35±0.08	17.6± 2.5	51.5± 6.4	95.4±10.4	80.9±12.7	84.2±12.0
14	4	0.77±0.1	0.13±0.02	0.36±0.06	16.8± 1.0	51.5± 8.1	80.9± 7.2	113.5±13.9	104.3±12.5

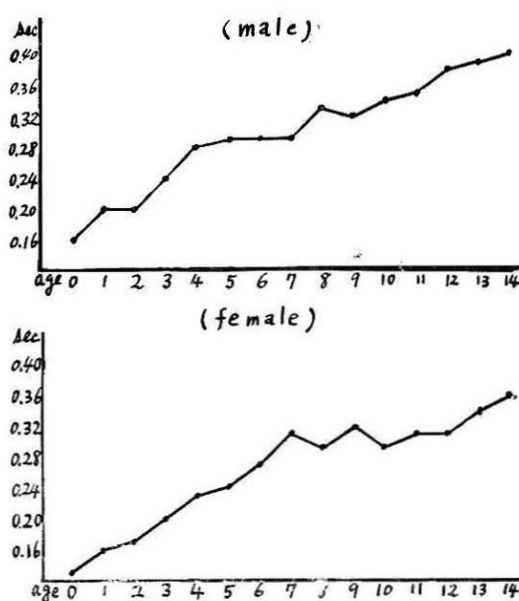


Fig. 6 The Time of Decrement (D)

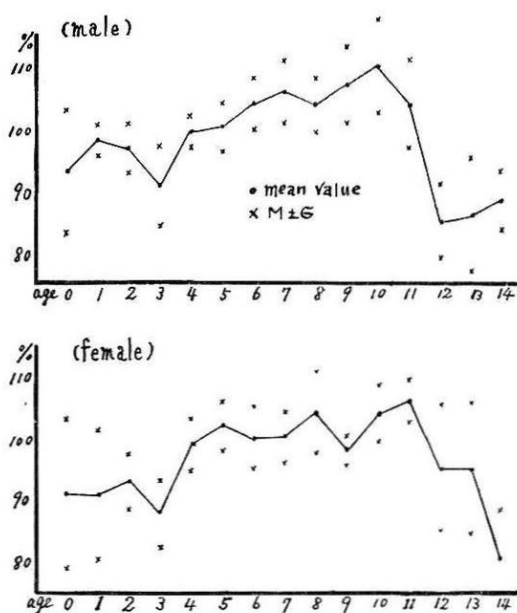


Fig. 7 Elasticity Index (a/b×100)



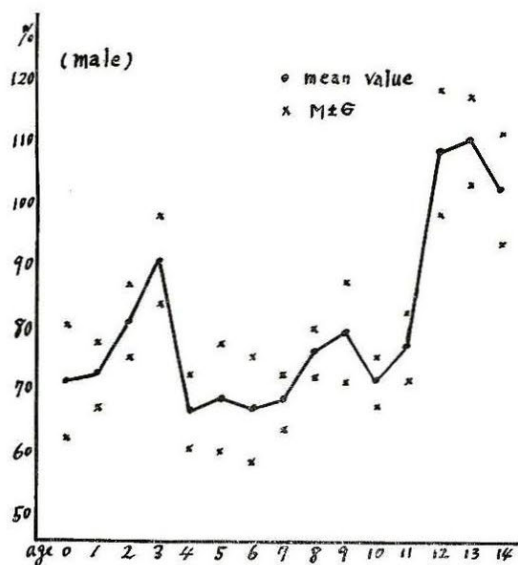


Fig. 8 Peripheral Resistant Index ( $c/a \times 100$ )

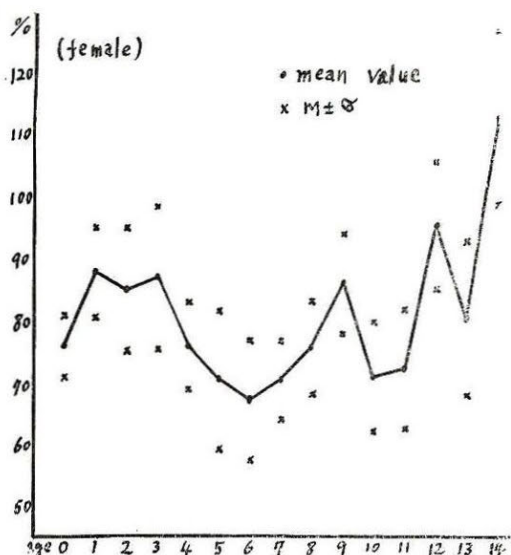


Fig. 9 Peripheral Resistant Index ( $c/a \times 100$ )

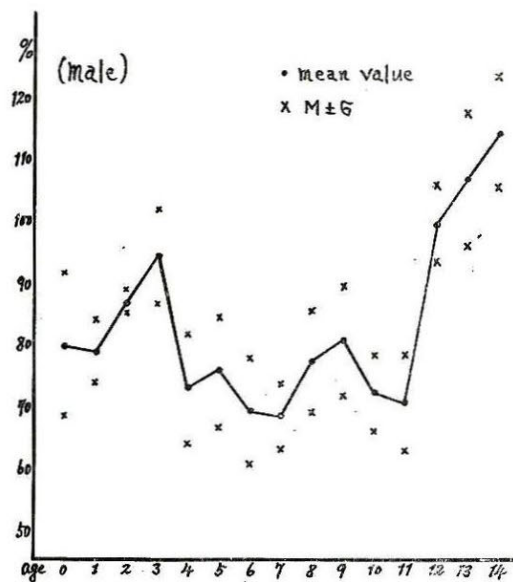


Fig. 10 Dicotic Index ( $d/a \times 100$ )

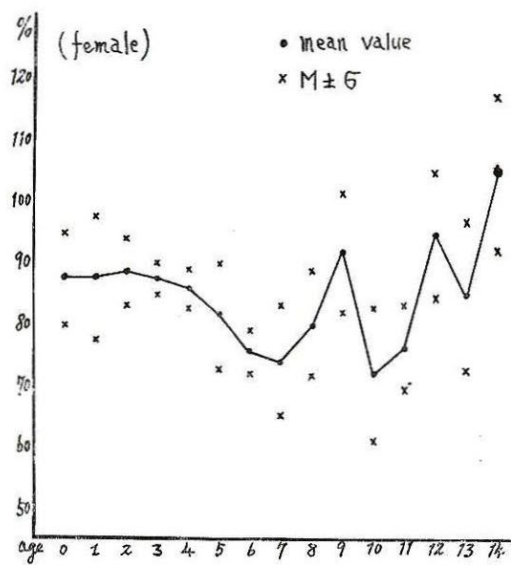


Fig. 11 Dicotic Index ( $d/a \times 100$ )

## 考 按

末梢脈波に関する研究は、脈波計の急速な進歩発達により、ようやく臨床的部門に迄およぶようになって来た。脈波は心臓の駆出力、動脈管弾性、末梢抵抗により左右されるものであって、波形の分析ならびに動態的解析により、先ず動脈硬化症や高血圧症における末梢血管系の器質的あるいは機能

的硬化因子の究明に利用されるに到った。<sup>(2)</sup> 併しながら發育の旺んな兒童についての研究は比較的少なく、それも各種疾病時における研究が多く、<sup>(3) (4) (5)</sup> 馬場等は新生児について頭部脈波の検討を行っているが<sup>(6)</sup>、一般に兒童の發達生理に関するものは少ない。

私達の実験結果において波長Lについてみると、これは明らかに年令増加につれてLも増加し、その増加の状態は丁度身長、体重の増加状態と似ていて、直線的でなくS字状態である。所が脈波の増加時間Iについて見ると成長による変化はほとんどなく、兒童心臓の血液駆出時間は年令に拘らず略々一定していることを示している。これは恰もEKGに於てQRS時間は年令的に著しい差のないことと一致している。

減少時間Dは年令の増加に従って、略々直線的に増加していて、L増加の主役を演じている。Dが増加するのは末梢血管抵抗が年令の増加につれて増し、それに打ち勝って血液が流れ去るに要する時間の増加を示し、このことは年令の増加と共に最高血圧値の増加するのと同一原因に基づくと考えられる。

血管弾性指数a/bは、心駆出力に関するaと、血管固有弾性によるbとの関係であるが、この値が男子で11才以後、女子で12才以後急激に減少しているのは、b値の増加すなわち血管弾性の著しい増加によるものと考えられる。健康小児に於て、心駆出力は成長につれて増加こそすれ減少するとは考えられないからa値は年令と共に漸増する性質のものである。然るにa/b値が低下するということはaの増加量よりもbの増加量が遙かに著しい故であると考えざるを得ない。恰もこの年令は兒童の第2伸張期の開始時期に相当していて、脈管系に於ても成長の著しい時期であることが推察される。

末梢抵抗指数c/aはa/bと趣を異にし12才頃から急激に上昇している。脈波の第3波である重複波は心臓の直接的影響の薄いものであってこの波は末梢部血管になるに従って著明となるもので、幹部動脈性脈波例えば鎖骨下動脈や頸動脈等では第1、第2波が著明であるが、これは末梢部からの影響による重複波を生ずる余地が少ないものと考えられる。この場合に於てもa値は年令と共に漸増するものと考えればc/a値が12才頃から急激な上昇を示すのは、c値の増加すなわち末梢抵抗の急激な増加を示すものと考えねばならない。この年令は丁度思春期と一致することから考え合せると、末梢血管組織の増加が急に進み、末梢抵抗が増加するためであろうと考えられる。このようなことは且つて言われたO. D. 症児が思春期に多いこと<sup>(7)</sup>とも関連するのではないかと考える。

重複指数d/aについて見るとc/aと略々一致する変化を示しているが、cが大きくなればそれに従ってdも増大する性質のものであることを考えれば、当然の結果と考えられ、末梢抵抗指数に替えて重複指数を検討しても臨床的には差支えないことを示している。

今私達の実験成績の年令的推移を0才より3年毎に区切って集計、その平均値について見るとFig. 12の如くで、以上に論じた成長による末梢脈波の変化の状態は一層著明となって来る。

兒童の保健に関して心循環機能の様子を知ることが極めて重要事であるのは論を俟たない所であるが、末梢に於ける血液循環の様相の一端を年令的経過の観点より知り得たことと思う。

## 要 約

私達は0才から14才に到る健康小児164名について右指示指内側先端部の容積脈波を記録し、成長に伴う末梢脈波の変化の状態を検討した。その結果波長は年令の進むに従いS字状に増加して行くが、増加時間には変化なく、減少時間は略々直線的に増加することを知った。また血管弾性指数は男子は10才、女子は11才頃迄漸増するが、以後急激に減少し、また末梢抵抗指数ならびに重複指数は4~7才頃を底とする盆状変化を示し、12才以降急激に上昇する。このような急激な変化は思春期発育の時期に一致して見られるもので、末梢脈波の状態も成長に伴い変化するものであって、特に成長の著しい時期にはその変化も比較的著しいものであることを知った。

本論文の要旨は昭和39年10月3日 日本小児保健学会（於金沢）ならびに昭和40年5月18日 日本小児科学会総会（於岐阜）に於て発表した。

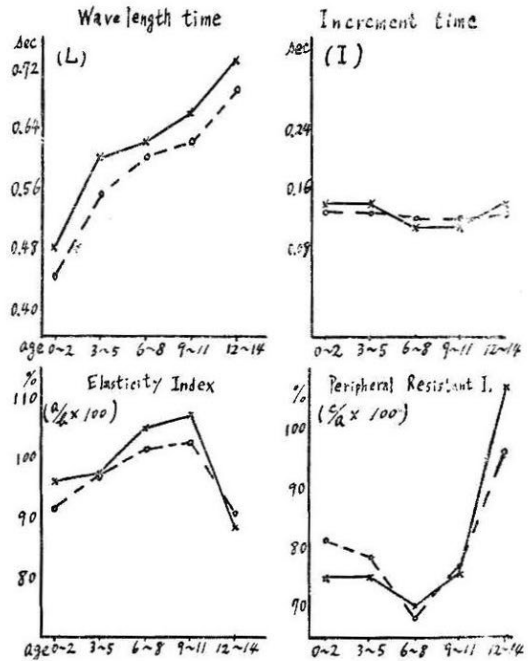


Fig. 12 Transitions of Several Puls Measurement

## 文 献

- (1) 佐伯英正：関西医科大学雑誌 11, 297 (1961)
- (2) 新城之介，吉村正治：日本循環器学誌 27, 852 (1963)
- (3) 佐伯英正：関西医科大学雑誌 11, 309 (1961)
- (4) 小林隆，田中敏晴，星合久司，本多洋：The Medical Electro Times 4, 10 (1962)
- (5) 吉村正治，設楽悦朗：Ibid 6, 155 (1964)
- (6) 馬場一雄，青井麗子，高宮安弘，大玉真彦：日児誌 68, 1217 (1964)
- (7) 山本勝朗，金光由紀子，田中典子：学校保健研究 43, 9 (1963)

## Summary

Change of sphygmogram following physical development are investigated according to record of capacito-sphygmography at the tip of right index finger of 164 children from infancy through adolescence.

In proportion to growth, wave length increases finding a locus of S curve, down-



stroke time increases with lineality, but upstroke time indicates no variability.

Elasticity index is parallel to the growth untill 10 years in boys and 11 years in girls, but decreases rapidly after these years.

Peripheral resistant index and dicrotic index indicate the lowest values in 4—7 years, and after 7 years these curve show a sharp upward inclination.

Namely sphygmogram vary concomitant with growth, and especially indicate rapid change in adolescence.